

**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ОСНОВА ПОБУДОВИ СИСТЕМИ
ПРОФЕСІЙНО-ПЕДАГОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ УНІВЕРСИТЕТІВ
У КОНТЕКСТІ ЄВРОІНТЕГРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ**

У статті представлено теоретичні засади побудови системи професійно-педагогічної підготовки студентів університетів на основі математичного моделювання. Розкрито можливості застосування поняття "багатошарової моделі" в контексті досліджуваної проблеми. Результатом написання статті є формулювання робочого означення "моделі системи професійно-педагогічної підготовки студентів університетів" та визначення перспектив її впровадження у практику роботи вищої школи.

Початок ХХІ століття позначився глобалізаційними процесами, що в галузі освіти насамперед пов'язують із модернізацією освітніх систем, у тому числі професійно-педагогічних систем підготовки студентів університетів. Зазначена проблема потребує вибору доцільних шляхів її розв'язання. Потужним засобом дослідження систем у багатьох науках є використання моделювання явищ, завдяки якому описуються фундаментальні закони конкретної науки, проводять експерименти для визначення їх глибинної суті. Кінцевою метою моделювання є одержання нових якісних знань у певній галузі, які можна застосовувати для потреб практики, зокрема – для прогнозування динаміки явищ [1: 3-4].

Різні аспекти зазначеної проблеми знайшли своє відображення в таких напрямках: загальні основи теорії моделювання (О. П. Михайлов, К. Є. Морозов, О. О. Самарський, В. М. Томашевський); моделювання економічних, екологічних, соціальних процесів (М. В. Коробова, І. М. Ляшенко, А. М. Столяр, С. В. Шутюк).

Метою даної статті є визначення теоретичних основ побудови системи професійно-педагогічної підготовки студентів університетів на засадах математичного моделювання.

Моделювання як метод дослідження відоме ще з часів Леонардо да Вінчі та Галілея. У широкому розумінні моделювання є однією з основних категорій теорії пізнання і практично єдиним науково-обґрунтованим методом наукових досліджень систем і процесів будь-якої природи в багатьох сферах людської діяльності [2: 3]. Моделювання – це спосіб дослідження будь-яких явищ, процесів або об'єктів шляхом побудови та аналізу їх моделей [3: 15].

Термін "модель" походить від латинських слів *modus, modulus*, які означають міра, спосіб, образ, зразок, еталон. У багатьох мовах світу вслід за латинською з'явилися відповідні слова: *modello* – в італійській, *modelo* – в іспанській, *modelle* – у французькій, *model* – в англійській, *model* – у німецькій, *модель* – у російській та українській [2: 3]. У широкому значенні – це будь-який аналог (уявний, умовний: зображення, опис, схема, креслення тощо) певного об'єкта, процесу, явища ("оригіналу" даної моделі), що використовується як його "замінник" [4: 419].

Початковий розвиток моделі отримали в будівельному мистецтві. Моделями стали називати речі, виготовлені на основі вимірів, які відтворювали існуючі об'єкти або були зразками для нових – ще не існуючих. Надалі термін модель поступово набуває іншого змісту. Так, моделлю почали називати уявну або матеріальну структуру, що зображує у зручній формі стан деякої системи, процеси в якій мають бути вивчені. Разом з тим, на певних етапах розвитку суспільства моделями стали вважати зображення систем, явищ або процесів, які вивчаються за допомогою систем, явищ або процесів іншої природи, іноді навіть уявних [2: 3].

Найпростішими прикладами є добре відома модель ефіру, яка використовувалася для пояснення поширення електромагнітних коливань у просторі, та модель електричного струму, який моделювався рідиною, що тече провідником. Поняття моделі тут значною мірою збігається з поняттям аналогії, причому навіть з'явилась тенденція вважати аналогію загальним випадком моделі, що не зовсім вірно, оскільки аналогія відображає умовні, часто поверхові співвідношення [2: 4].

Інтуїтивні уявлення про модель найчастіше асоціюються з технічними засобами, які застосовуються для створення відповідного "еквівалента" об'єкта дослідження, адекватного йому в тому чи іншому сенсі, але практично більш зручного для розв'язання поставлених задач [2: 5]. Наприклад, модель літака може бути натурною, тобто точною копією літака, яка від оригіналу відрізняється тільки розмірами. Така модель, як правило, не може літати. Натурні моделі використовуються як експонати на виставках, замість літака-оригіналу. Інший тип моделі літака – це його функціональна модель (так звана схематична). Вона не відображує зовнішності жодного літака. Такі моделі будують юні авіамоделісти у шкільних гуртках. Ці моделі використовуються для відтворення найважливішої функції літака – його здатності літати.

Проте поняття моделі принципово і суттєво ширше: функції моделі може виконувати не тільки спеціально створений експериментальний пристрій, але й явище, яке спостерігається, і символічне (знакове) описання оригіналу (текстове описання, математичне рівняння, креслення, схема тощо), і уявний образ. Тому в загальному випадку *модель* – це явище, технічний засіб, знакове утворення або інший умовний образ, що знаходиться в певній відповідності (схожості, подібності) до об'єкта-оригіналу, який вивчається. Модель може замінити оригінал у процесі дослідження, надаючи про нього необхідну інформацію [2: 5].

Терміном "модель" у філософській літературі позначають "деяку реально існуючу систему або ту, що представляється в думках, яка, заміщаючи і відображаючи в пізнавальних процесах іншу систему-оригінал, знаходиться з нею у відношенні схожості (подібності), завдяки чому вивчення моделі дає змогу отримати нову інформацію про оригінал" [5: 25], що й відтворює безпосередній зв'язок досліджуваної реально існуючої системи та її моделі.

У цьому визначенні закладено й генетичний зв'язок моделювання з теорією подібності, яка є науковою основою моделювання як методу пізнання і дослідження різних об'єктів і процесів. Головним поняттям зазначеної теорії є "аналогія" – схожість об'єктів за деякими ознаками. Подібні об'єкти називаються аналогами. Аналогія між об'єктами може встановлюватися за якісними і (або) кількісними ознаками. Урахування цієї характеристики дає можливість на основі дослідження моделі робити висновки щодо протікання процесів у реально існуючих об'єктах (систем).

Теорія подібності дає змогу встановити відношення еквівалентності (відповідності, схожості) між двома розглядуваними системами за деякими ознаками. Якщо система існує реально, то її можна вивчати, досліджуючи, яким чином пов'язані вхідні впливи з виходами системи. На основі результатів досліджень будується деяка абстрактна система, де відношення еквівалентності визначають тільки ті істотні властивості та аспекти поведінки, які у вихідній та абстрактній системах мають бути однаковими. Здебільшого на практиці абстрактна система простіша за вихідну, якщо не враховувати тих аспектів, що визначають відношення еквівалентності [3: 20].

Виходячи із зазначеного вище, метод моделювання є методом дослідження властивостей певного об'єкта (оригіналу) за допомогою вивчення властивостей іншого об'єкта (моделі), який є зручнішим для дослідження і знаходиться в певній відповідності до першого об'єкта (оригіналу). Моделювання – це побудова (або вибір) і вивчення такого об'єкта будь-якої природи (моделі), що здатний замінити собою досліджуваний об'єкт (оригінал) і вивчення якого дає нову інформацію про досліджуваний об'єкт [2: 4].

Таким чином, модель і система знаходяться в деяких відношеннях, від яких залежить ступінь відповідності між ними. Міру відповідності між системою і моделлю визначають поняття *ізоморфізму* та *гомоморфізму*. Система та модель є ізоморфними, якщо існує взаємодозначна відповідність між ними, завдяки якій можна перетворити одне подання на інше. Строго доведений ізоморфізм для систем різної природи дає можливість переносити знання з однієї галузі в іншу. За допомогою теорії ізоморфізму можна не тільки створювати моделі систем і процесів, але й організовувати процес моделювання.

Однак існують і менш тісні зв'язки між системою та моделлю. Це так звані гомоморфні зв'язки, які визначають однозначну відповідність лише в один бік – від моделі до системи. Система та модель є ізоморфними тільки в разі *спрощення* системи, тобто скорочення множини її властивостей (атрибутів) і характеристик поведінки, які впливають на *простір станів системи*. Зазвичай модель простіша за систему [3: 21-22]. Шукаючи модель системи професійно-педагогічної підготовки студентів університетів будемо вважати ізоморфною, оскільки її побудова передбачала ряд спрощень (проведення дослідження лише в певній кількості навчальних закладів; будь-яка вибірка досліджуваних не може охопити їх абсолютну кількість; умовність абсолютного виконання вимог Болонського процесу; спрощений підхід до характеристики елементів досліджуваної систем тощо) та визначення відношень між системою та її моделлю.

Побудова моделі системи професійно-педагогічної підготовки студентів університетів потребує виділення ряду характеристик подібності. При встановленні *абстрактної* подібності можуть порівнюватися процеси в різних системах. Такі процеси є *абсолютно* подібними, якщо подібними є і процеси, і системи, в яких вони відбуваються. Якщо й оригінал, і модель є матеріальними об'єктами, то вони за абсолютної подібності мають бути структурно і фізично ідентичними; різними в них можуть бути лише значення параметрів, які характеризують елементи структури оригіналу й моделі. Абсолютна подібність на практиці значною мірою є абстрактним поняттям. Повною мірою вона реалізується тільки при математичному моделюванні процесів. У цьому разі оригінал і модель описуються однаковими функціональними залежностями чи рівняннями, відповідні зміни в яких є пропорційними.

При застосуванні теорії подібності в технічних задачах виникає необхідність введення *практичної* подібності. Розглядають повну, неповну й наближену практичну подібності.

Повна практична подібність (або повна подібність) – це подібність протікання в часі й у просторі тільки тих процесів, які є суттєвими для даного дослідження і з достатньою повнотою характеризують явище, що вивчається, згідно з конкретною постановкою задачі дослідження. Відповідно, якщо при моделюванні забезпечена повна практична подібність, то має місце повне моделювання.

Неповна практична подібність (або неповна подібність) – це подібність протікання процесів або тільки в часі, або тільки у просторі. Цій подібності відповідає неповне моделювання.

Наближена практична подібність (або наближена подібність) характеризується існуванням спрощених припущень, які приводять до певної відмінності процесів, що розглядаються як подібні. Ця відмінність вважається допустимою на основі попередніх оцінок, які отримують при додаткових дослідженнях. Цій подібності відповідає наближене моделювання [2: 9-10].

Враховуючи мету та завдання нашого дослідження, побудову моделі системи професійно-педагогічної підготовки студентів університетів будемо здійснювати за ознакою наближеної практичної подібності.

У сучасній теорії управління використовуються моделі двох основних типів. Для технологічних об'єктів, одним з яких є система освіти, цей поділ відповідає "феноменологічним" і "дедуктивним" моделям [6: 34]. Під феноменологічними моделями розуміють переважно емпірично поновлені залежності вихідних даних від вхідних, як правило, з невеликою кількістю входів і виходів. Дедуктивне моделювання передбачає з'ясування та опис основних фізичних закономірностей функціонування всіх компонентів досліджуваного процесу і механізмів їх взаємодії. За допомогою дедуктивних моделей описується процес у цілому, а не окремі його режими.

Перший тип моделей – *моделі даних*, які не потребують, не використовують і не відображають будь-яких гіпотез про фізичні процеси або системи, з яких ці дані отримано. До моделей даних належать усі моделі математичної статистики. Останнім часом ця сфера моделювання пов'язується з експериментально-статистичними методами і системами, що істотно розширює методологічну базу для прийняття рішень під час розв'язання завдань аналізу даних і керування.

Другий тип моделей – системні моделі, які будуються в основному на базі фізичних законів і гіпотез про те, як система структурована і, можливо, як вона функціонує. Використання системних моделей передбачає можливість працювати в технологіях віртуального моделювання – на різноманітних тренажерах і в системах реального часу (операторські, інженерні, біомедичні інтерфейси, різноманітні системи діагностики і тестування тощо). Саме *системні* моделі будуть ядром моделювання нашого дослідження.

Розробка шуканої моделі потребує визначення її *способу її подання*. На основі зазначеної ознаки моделі поділяються на реальні (матеріальні) та абстрактні (уявні) (див. табл. 1).

Таблиця 1.

Основні типи моделей

Моделі				
Абстрактні			Реальні	
Віртуальні	Наочні			Макетні
Символічні або лінгвістичні	Графічні	Анімаційні	Просторові	
Математичні				

Моделі називають *реальною*, якщо вона відтворює основні фізичні, динамічні, геометричні й функціональні параметри об'єкта, що досліджується [2: 11]. Реальні моделі існують у природі, й з ними можна експериментувати. Реальні моделі – це такі, в яких хоча б один компонент є фізичною копією реального об'єкта. Залежно від того, в якому співвідношенні знаходяться властивості системи та моделі, реальні моделі можна поділити на натуральні та макетні [3: 25-28].

Частинними випадками матеріального моделювання є макетне та натурне моделювання. Макетні моделі – це реально існуючі моделі, які відтворюють модельовану систему в певному масштабі [3: 25-28]. При натурному моделюванні, залежно від його мети, модель у найпростішому випадку може тільки зовнішньо копіювати об'єкт, тобто бути лише його репрезентативною моделлю. Однак натурна модель може бути настільки складною й максимально наближеною до оригіналу, що за спеціально підібраних умов можна отримати корисну для дослідника інформацію як результат натурального експерименту з моделлю. Надалі виникають принаймні дві проблеми: як обробити отриману інформацію найбільш раціонально, щоб одержати максимальну кількість достовірних даних, і як потім відповідно інтерпретувати отримані результати про матеріальну модель у термінах об'єкта, що

вивчається [2: 11]. Одним із видів натурного моделювання є фізичне моделювання. У цьому випадку об'єкт, що моделюється, і модель мають одну й ту саму фізичну природу, між ними досягається фізична подібність.

У цілому, натурні моделі – це існуючі системи або їх частини, на яких проводяться дослідження. Натуральні моделі повністю адекватні реальній системі, що дає змогу отримувати високу точність і достовірність результатів моделювання. Суттєві недоліки натуральних моделей – це неможливість моделювання критичних режимів їх роботи та висока вартість [3: 25-28].

Клас так званих абстрактних (уявних) моделей створюється як результат побудови ідеальних (уявних) аналогій.

Розрізняються два підкласи таких моделей: віртуальні (інтуїтивні) й наочні (знакові). Віртуальні моделі часто виникають у тих сферах знань, які знаходяться ще на попередньому, описовому етапі розвитку дослідження. При такому моделюванні, як правило, не використовують чітко фіксовані знакові системи. Деякі поняття свідомо подаються дещо розмитими, багатозначними. Така модель може описуватися словесно з використанням гіпотез.

Знакова модель є формалізованим описанням об'єкта з використанням більш-менш економічних форм (мова, схема, креслення, формула тощо). До знакових моделей належать, наприклад, географічні карти, хімічні моделі, зображені у вигляді умовних знаків, а також різні топологічні й графові побудови. Знакову модель з використанням математики можна описати різними способами: аналітично (у вигляді заданих функціональних співвідношень, диференціальних, інтегральних, різницевих рівнянь тощо), алгоритмічно, графічно і т.п. математичними уявними моделями можна вважати алгоритми й програми, розроблені для обчислювальних машин, які в умовних знаках відбивають (моделюють) певні процеси, що описані диференціальними рівняннями, покладеними в основу алгоритмів, а також різні структурні схеми, які відображають функціональні зв'язки між підсистемами складних систем [2: 11-12].

Надалі нас буде цікавити важливий частковий випадок знакового моделювання – математичне моделювання явищ, завдяки якому описуються фундаментальні закони конкретної науки, проводять експерименти для з'ясування глибини явищ [1: 3-4].

Елементи математичного моделювання використовувались із самого початку виникнення точних наук. Не випадково, що деякі методи обчислень названі іменами таких корифеїв науки, як Ньютон і Ейлер, а слово алгоритм походить від імені середньовічного арабського вченого Аль-Хорезмі.

Друге народження цієї методології припало на кінець 40-х – початок 50-х рр. XX ст. і було зумовлено принаймні двома причинами. Перша з них – поява ЕОМ. Друга – безпрецедентне соціальне замовлення – виконання національних програм США і СРСР зі створення ракетно-ядерного щита, які не могли бути реалізованими традиційними методами. Математичне моделювання справилося з цією задачею: ядерні вибухи та польоти ракет і супутників були спочатку здійснені у надрах ЕОМ за допомогою математичних моделей, і лише потім – на практиці.

Зараз математичне моделювання вступає у третій принципово важливий етап розвитку – воно вбудовується у структури так званого інформаційного суспільства. Без володіння інформаційними ресурсами не можна навіть уявити розв'язання масштабних проблем, які стоять перед світовою спільнотою. Однак інформація як така мало що дає для аналізу і прогнозу, для прийняття рішень і контролю за їх виконанням. Потрібні надійні способи переробки інформації сировини на готовий продукт, тобто на точне знання. Історія методології математичного моделювання переконує: вона може й має бути інтелектуальним ядром інформаційних технологій, усього процесу інформатизації суспільства [2: 13].

Математичне моделювання є найвищою формою моделювання. Воно сприяло розвитку науки й техніки індустріального суспільства, а з появою електронно-обчислювальних засобів обробки інформації привело до бурхливого розвитку сучасного – постіндустріального – суспільства [2: 3].

Нагадаємо, що під *математичним моделюванням* розуміють вивчення властивостей об'єкта на його математичній моделі. Метою математичного моделювання є виявлення оптимальних умов протікання процесу, керування ним на основі математичної моделі та перенесення результатів на об'єкт. Сутність цієї методології полягає в заміні об'єкта, що досліджується, його образом – математичною моделлю – і подальшим вивченням моделі як методами математичного аналізу (аналітично), так і за допомогою обчислювально-логічних алгоритмів, які реалізуються на електронних обчислювальних машинах.

Цей метод пізнання, конструювання, проектування поєднує в собі переваги як теорії, так і експерименту. Робота не з самим об'єктом (явищем, процесом), а з його моделлю дає можливість безболісно, відносно швидко в без суттєвих витрат вивчати його властивості й поведінку в будь-яких можливих ситуаціях (переваги теорії). У той же час, обчислювальні експерименти (комп'ютерні, симуляційні, імітаційні) з моделями об'єктів дозволяють, опираючись на можливості сучасних обчислювальних методів і технічних засобів інформатики, детально й глибоко вивчати об'єкти з

достатньою повнотою, недоступною чисто теоретичним (аналітичним) підходам (переваги експерименту). Не дивно, що методологія математичного моделювання бурхливо розвивається, охоплюючи все нові сфери – від розробки технічних систем і керування ними до аналізу найскладніших економічних і соціальних процесів [2: 12-13].

Суттєвим доповненням у контексті побудови моделі системи професійно-педагогічної підготовки студентів університетів є введення поняття імітаційного моделювання як одного з типів моделей, що не характеризується представленою вище ознакою класифікації моделей. Його характеристика доповнить теоретичне обґрунтування досліджуваної проблеми. Головна цінність імітаційного моделювання полягає в тому, що в основу його покладена методологія системного аналізу. Вона дозволяє досліджувати аналізовану систему методами операційного аналізу [3: 12].

Імітаційне моделювання – це метод конструювання моделі системи та проведення експериментів. Однак під таке визначення підпадають майже всі види моделювання. Тому виділимо його суттєві ознаки:

- чітке представлення в моделі структури системи, тобто загального опису елементів і зв'язків між ними;
- визначення засобів відтворення в моделі поведінки системи, яку описують за допомогою станів і моментів переходів між ними;
- відображення в моделі властивостей середовища, в якому функціонує досліджувана система.

Імітаційна модель загалом має логіко-математичний характер і подається у вигляді сукупності алгоритмів, які описують процес функціонування системи. Отже, здебільшого імітаційною моделлю є її програмна реалізація на комп'ютері, а імітаційне моделювання зводиться до проведення експериментів з моделлю шляхом багаторазового прогону програми з деякою множиною даних – середовищем системи. Однак, під час імітаційного моделювання можуть бути задіяні не тільки програмні засоби, алей й технічні засоби, люди та реальні системи [3: 25-28]. Тому для побудови моделі системи професійно-педагогічної підготовки студентів університетів будемо використовувати ознаки імітаційної моделі.

Викладене вище дає підстави в основу моделювання системи професійно-педагогічної підготовки студентів університетів покласти нове математичне поняття "багатошарової моделі", тобто моделі, що складається з цілого ряду багатофункціональних площин [7: 111]. Такі багатошарові моделі в подальшому будемо називати сендвіч-моделями (СМ) [8]. Дамо деякі пояснення щодо її застосування.

Шари сендвіч-моделі являють собою площини, які відповідають функціональним складовим досліджуваного явища та складаються з елементів та зв'язків між ними. За таких умов враховуються як зв'язки, що існують у межах кожної площини, так і ті, що існують між самостійними одиницями (площинами, шарами) сендвіч-моделі.

Кожна площина СМ розглядається як самостійна модель ряду складових. Крім того, площини СМ можуть включати структури різних організаційних та функціональних складових. Зв'язки між різними площинами СМ відбивають та формалізують процеси взаємодії окремих площин.

Застосування саме сендвіч-моделей обумовлено необхідністю відображати в досліджуваних моделях наявність, накладення та взаємодію в системі освіти окремих структурних одиниць, підрозділів, суб'єктів зі своїми розвиненими організаційними структурами. Викладене вище дає можливість представити сендвіч-модель системи професійно-педагогічної підготовки студентів університету на основі виділення чотирьох функціональних площин (підсистем): зовнішньої або соціальної; загальної або горизонтальної; внутрішньої або структурно-змістової; локальної або прикладної.

Таким чином, *моделлю системи професійно-педагогічної підготовки студентів університетів* будемо називати її подібний (еквівалентний), ізоморфний аналог (умовний образ) об'єкта-оригіналу, що характеризується наближеною практичною подібністю до нього та являє собою сендвіч-модель, що складається із чотирьох функціональних площин (соціальної, загальної, структурно-змістової, локальної).

Наступним завданням нашого подальшого пошуку є визначення рівня абстрактного опису системи, тобто рівня детальності її подання через сукупність властивостей модельованої системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Ляшенко І. М., Коробова М. В., Столяр А. М. Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів: Навч. пос. – Тернопіль: Навчальна книга-Богдан, 2006. – 304 с.
2. Станжицький О. М., Таран Є. Ю., Гординський Л. Д. Основи математичного моделювання: Навч. посібник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2006. – 96 с.
3. Томашевський В. М. Моделювання систем. – К.: Видавнича група BVH, 2005. – 352 с.: іл.

4. Словарь иностранных слов / Под ред. С. М. Локшина. – М.: Гос. изд-во иностр. нац-ых словарей, 1949. – 807 с.
5. Морозов К. Е. Математическое моделирование в научном познании. – М.: Мысль, 1969. – 215 с.
6. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры. – 2-е изд., испр., – М.: Физматлит, 2001. – 316 с.
7. Шутюк С. В. Моделирование системы взаимоотношений крупных компаний с регионами. Научная монография. – М.: ВИНТИ РАН, 2006. – 336 с., ил.
8. Шутюк С. В. Моделирование комплексной системы взаимоотношений компании "Российские железные дороги" с регионами / В. М. Сай, С. В. Шутюк // Транспорт Урала. – 2004. – № 1. – С. 11-16.

Матеріал надійшов до редакції 17.09. 2009 р.

Сидорчук Н. Г. Математическое моделирование как основа построения системы профессионально-педагогической подготовки студентов университетов в контексте евроинтеграционных процессов.

В статье представлены теоретические основы построения системы профессионально-педагогической подготовки студентов университетов на основе математического моделирования.

Раскрыты возможности применения понятия "многослойной модели" в контексте исследуемой проблемы. Результатом написания статьи является формулировка рабочего определения "модели системы профессионально-педагогической подготовки студентов университетов" и построение перспектив ее внедрения в практику работы высшей школы.

Sydorchuk N. G. Mathematical Modeling as a Basis for Constructing a System of Vocational and Educational Training of University Students in the Context of Euro-Integration Processes.

The paper presents the theoretical foundations for construction of vocational and educational training of university students on the basis of mathematical modeling. The possibilities of the concept "multi-layer model" application in the context of the research are disclosed. The result of this research is to formulate a working definition of "model of vocational and educational training of university students" and building prospects for its implementation in the practice of high school.